

D1



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Gebrauchsmusterschrift**  
⑩ **DE 201 02 051 U 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 03 D 3/02**  
F 03 D 3/04  
F 03 D 11/04

⑳ Aktenzeichen: 201 02 051.3  
㉔ Anmeldetag: 31. 1. 2001  
㉔ Eintragungstag: 3. 5. 2001  
㉔ Bekanntmachung  
im Patentblatt: 7. 6. 2001

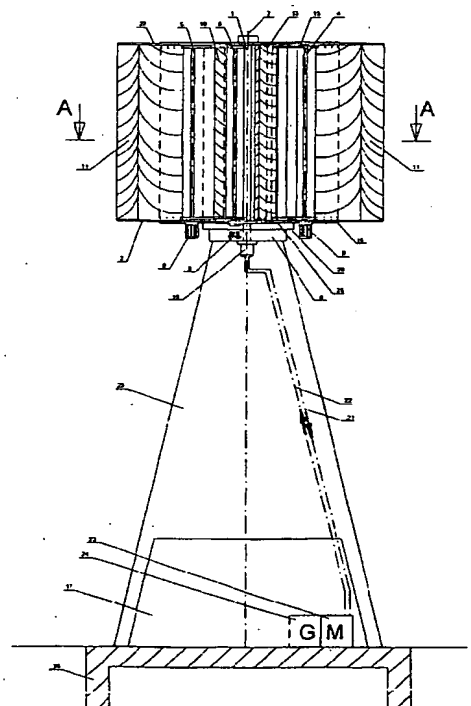
DE 201 02 051 U 1

⑦③ Inhaber:  
Sulz, Adolf, 16775 Gransee, DE

⑦④ Vertreter:  
Schneider, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 16559  
Kreuzbruch

⑤④ Windkraftanlage mit frontal angeströmten Vertikalrotoren

⑤⑦ Windkraftanlage mit frontal angeströmten Vertikalro-  
toren, deren Anströmbereich mit trichterartigen Einleit- und  
Abdeckblechen (Einleittrichter) sowie einem im Trichter-  
bereich mittig angeordneten Leitblech und deren Ab-  
strömbereich mit diffusorähnlichen Leitblechen (Diffusor)  
ausgestattet ist, dadurch gekennzeichnet, daß den frontal  
angeströmten Vertikalrotoren ein in den Diffusor ragen-  
des aerodynamisch geformtes Leitblech nachgeordnet  
ist, welches mit den Abdeckblechen des Diffusors verbun-  
den ist und einerseits wandförmig den Einstrom- und Ab-  
strömbereich eines Vertikalrotors begrenzt und anderer-  
seits zwischen einem zweiten Vertikalrotor und dem Leit-  
blech einen Spalt mit der Spaltbreite  $d$  eröffnet, wobei  
das spaltbildende Leitblech sich an einen dritten Vertikal-  
rotor anschmiegt, dessen Mittelachse zur Symetrieachse  
der frontal angeströmten Vertikalrotoren eine Exentrität  
 $e$  aufweist und der sich unmittelbar an den zweiten Verti-  
kalrotor anschließt.



DE 201 02 051 U 1

B 31.01.01

## Beschreibung Windkraftanlage mit Vertikalrotoren

Die Erfindung betrifft eine Windkraftanlage mit Vertikalrotor zur Energiegewinnung.

Das Einsatzgebiet der Windkraftanlage ist die Energieversorgung von Wohnparks, Einkaufszentren, Landwirtschaftsbetriebe und Industriegebieten, aber auch die Energieeinspeisung ins Netz.

Die Windkraftanlage kann sowohl als Einzelanlage als auch als Windparkanlage konzipiert werden. Entsprechend des Lehrbuches "Windkraftanlagen"/Verfasser Hau, E. /Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1988 stellt sich der Stand der Technik wie folgt dar.

Als allgemein bekannt gilt der Savonius-Rotor als Grundprinzip eines Rotors mit vertikaler Achse. Man findet ihn als Lüfterrad auf Eisenbahnwaggons oder Lieferwagen. Aufgrund der niedrigen Schnellaufzahl und des vergleichsweise geringen Leistungsbeiwertes kommt er für stromerzeugende Windkraftanlage nicht in Frage.

Aufgrund der Robustheit, des einfachen Grundprinzipes und konstruktiven Aufbaus des Savonius-Rotors ist eine Vielzahl von Weiterentwicklungen nachweisbar, die durch veränderte Anzahl der Flügel, durch Wind konzentrierende Leitbleche und solche Konstruktionen (Gehäuse), die eine Zwangsdurchströmung des Rotors zu Folge haben sowie zugehörige Diffusorkonstruktion, deren Aufgabe es ist, die infolge der konzentrierenden Wirkung der Leitbleche vor den Eintrittsöffnungen der Rotoren bestehende entgegengesetzt wirkende Zirkulationströmung zu mindern ohne sie jemals vollständig beseitigen zu können. Dabei ist zu beachten, daß die Wirkung des Diffusors sich bei kleiner werdenden Verhältnis der Durchströmfläche, d.h. mit Verengung der Düse, verschlechtert. Diese Konstruktionen werden für die Stromerzeugung eingesetzt.

Zusätzlich bewirkt, wie in der DE 29920899 dargestellt, eine zwischen den Rotoren gelegene Einleitflächenabtrennung die gleichmäßige Windzufuhr zu den gegenläufig arbeitenden Rotoren. Aerodynamisch gestaltete Rotorflügel versprechen in Kombination mit hakenförmigen Windleisten eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrades und Einleitflächen trichtern die Windzufuhr ein. Diffusorbleche im Abströmbereich der Windkraftanlage erzeugen eine zusätzliche Sogwirkung, die die Eintrichterung des Luftstromes unterstützt.

Als Nachteile den dargestellten Standes der Technik sind im Einzelnen erkennbar:

- Konstruktionsbedingt wird der Durchströmungsquerschnitt der Vertikalrotoren zum Einstromquerschnitt der Windkraftanlage immer unterhalb eines Wertes von 50 % liegen. Entsprechend ändert sich die Windgeschwindigkeit innerhalb der Windkraftanlage im umgekehrten Verhältnis und muß im Abströmbereich der Windkraftanlage wieder auf die ursprüngliche Windgeschwindigkeit beruhigt werden. Dabei ist der Luftaustritt aus den Rotoren jeweils als separater Strom gekennzeichnet. Beide Luftströme müssen sich dann im Diffusor zu einem Luftstrom vereinigen.

DE 201 02 051 U1

DE 20102051U1

-2-

Äquivalent zur Beschleunigung und Verzögerung des durch die Vertikalrotoren strömenden Windes treten Verluste durch Stau, Reibung und Verwirbelung im Einstrombereich auf. Der Abstrombereich ist gekennzeichnet durch eine starke Verwirbelung zwischen den aus den Vertikalrotoren austretenden und sich nachfolgend vereinigenden Luftströmen. Die Verwirbelungen werden durch Geräuschentwicklung begleitet.

Aufgabe der Erfindung ist,

den Windenergiedurchsatz durch die Windkraftanlage zu verbessern und somit die luftstrombedingten Wirbel-, Stau- und Reibungsverluste im Einstrombereich der Windkraftanlage zu vermindern. Für den Abstrombereich gilt gleichermaßen die Forderung nach Beseitigung der Verwirbelungen infolge des Zusammenführens der aus den Vertikalrotoren ausfließenden Luftströme und die Umsetzung des nun zur Verfügung stehenden vergrößerten Einergiepotentials in mechanische oder elektrische Arbeit.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe im Zusammenwirken der im kennzeichnenden Teil des Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

Das Wesen der Erfindung besteht aus der Anordnung eines Spaltes zwischen frontal angeströmten Vertikalrotoren und der zusätzlichen Anordnung eines dritten Vertikalrotors im Diffusor. Der Spalt wird durch ein zwischen den Rotoren angeordnetes in den Diffusor ragendes aerodynamisch geformte Leitblech gebildet.

Das Leitblech ist mit den Deckblechen des Einleittrichters bzw. des Diffusors festverbunden und bildet somit auf der einen Seite ein Gehäuseeteil, in welchem ein Vertikalrotor läuft bzw. nachfolgend ein kastenförmiges Rohr, durch welches die aus dem Vertikalrotor ausströmende Luft entweicht.

Infolge dieser Anordnung wird der Luftstrom nach dem Verlassen des Vertikalrotors zwangsgeführt und neigt nicht zur Verwirbelung.

Auf der anderen Seite wird zwischen dem Leitblech und dem zweiten Vertikalrotor ein Spalt mit einer Breite  $d$  ausgebildet welche mit der Breite  $b$  des Einstromquerschnittes eines Vertikalrotors gemäß nachfolgender Gleichung

$$\frac{d}{b} = 0,65 \pm 0,1$$

im Verhältnis steht.

Die durch diesen Spalt geleitete Luft gelangt vollständig in einen dritten Vertikalrotor, der sich unmittelbar an den zweiten Vertikalrotor anschließt. Damit der dritte Vertikalrotor sowohl von dem durch den Spalt geleiteten Luftstrom, als auch von einem Teil der aus dem zweiten Rotor abströmenden Luft erfaßt wird, ist er so angeordnet, daß seine Mittelachse zur Symetrieachse der frontal angeströmten Vertikalrotoren eine Exentrität aufweist, die mit der Ungleichung

DE 20102051U1

B 31.01.01

-3-

$$0,3 d < e < 0,7$$

beschrieben wird.

Ähnlich wie bei dem ersten Vertikalrotor bildet das Leitblech bei dem dritten Vertikalrotor auch ein Teil des Gehäuses und läuft stromlinienförmig in den Diffusor bis zum Abströmquerschnitt des Diffusors und vereinigt somit wirbelarm den entweichenden Luftstrom aus dem ersten sowie aus dem zweiten und dritten Vertikalrotor.

Insgesamt gesehen bewirkt die Erfindung durch die relative Vergrößerung des Einströmbereichs hier eine Verringerung von Wirbel-, Stau- und Reibungsverlusten, und im Abströmbereich wird die Verwirbelung dadurch unterbunden, daß in dem Wirbelbereich zwischen den frontal angeströmten Vertikalrotoren sich nunmehr ein dritter Vertikalrotor befindet, der sowohl den Luftstrom aus dem zwischen den frontal angeströmten Vertikalrotoren mittig angeordneten Spalt als auch einem Teil der aus dem angrenzenden Vertikalrotors entweichenden Luft zur Energiegewinnung ausnutzt, sowie daß das spaltbildende Leitblech aerodynamisch geformt bis zum Abströmquerschnitt des Diffusors geführt ist.

Darüberhinaus wird durch die Unterdrückung der Verwirbelungen die Geräuschentwicklung gemindert.

DE 20102051 U1

8 3 1 0 1 0 1

-4-

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden.

Figur 1      Vorderansicht der Windkraftanlage  
Figur 2      Schnitt A-A (Horizontalschnitt)

Auf einem Fundament 26 steht ein Mast 25, der in einer Grundplatte 9 endet. Die Grundplatte ist mit der Drehachse 1 der Windkraftanlage und dem Drehkranz 28 verbunden. Auf dem Drehkranz 28 befindet sich ein unterer dreieckiger Rahmen 16, welcher die Vertikalrotoren 4,5,6 lagert. Ein weiterer oberer Rahmen 15 stützt die Vertikalrotoren 4,5,6 im oberen Teil der Windkraftanlage ab. Weiterhin sind der untere Rahmen 16 mit dem unteren Deckblech 2 und der obere Rahmen 15 mit dem oberen Deckblech 27 verbunden. An dem Außenkanten der horizontal liegenden Deckbleche 2,2 sind beidseitig Einleitbleche 11, die als Ausleitbleche 18 fortgeführt werden. Somit bilden die Deckbleche 2, 27 mit den Einleitblechen 11 und Ausleitblechen 18 einen beidseitig offenen Kasten, der in seinen Öffnungsflächen den Einströmquerschnitt  $F_{zu}$  und in dem Abströmquerschnitt  $F_{AB}$  bildet.

Die Innenseiten der Einleitbleche 11 sind trichterförmig und sphärisch gestaltet, und verjüngen sich von deren Einströmquerschnitt  $F_{zu}$  in Richtung der Vertikalrotoren 4,5 und die Ausleitbleche öffnen sich nachfolgend als Diffusor in Richtung des Abströmquerschnittes  $F_{AB}$ .

Im engsten Querschnitt (mittig) sind die Einleitbleche und die Ausleitbleche 18 als Teil der Gehäuse für den Vertikalrotor 4 und 5 ausgebildet. Ebenfalls mit den unteren Deckblech 2 und den oberen Deckblech 27 verbunden ist das Gehäuseteil mit Leitblech 10 für Vertikalrotor 2.

Dieses bildet mit deren Einleitblech 11 den Einströmquerschnitt  $F_{s1}$  für Rotor 5 und ist gekennzeichnet durch seine Breite  $b$ . In dem Einleitblech 11 ist im Abstand  $d$  parallel zur Durchströmrichtung innerhalb des Windkraftwerkes das spaltbildende Leitblech 13 angeordnet. Das spaltbildende Leitblech 13 wird mindestens bis zur Ebene der Abströmfläche  $F_{AB}$  geführt und ist wie das Einleitblech 11 mit dem unteren Deckblech 2 und dem oberen Deckblech 27 verbunden.

Alle vorgehend beschriebenen Bleche bilden insgesamt das Gehäuse des Windkraftwerkes, welches sich aufgrund der beschriebenen Konstruktion einer außergewöhnlichen Steifigkeit erfreut.

Der in der Windeinströmung 12 befindliche Teil des spaltbildenden Leitbleches 13 umschließt den Vertikalrotor 4 in gleicher Weise als Gehäuseteil wie der Rotor 5 von dem Gehäuseteil mit dem Leitblech 10 umschlossen wird.

Die Bleche 10, 13 lassen an den Vertikalrotoren 5, 4 Austrittsquerschnitte für  $FA1$  und  $FA2$  die durchströmende Luft offen. Diese Querschnitte sind immer so bemessen, daß sie größer als die Einströmquerschnitte  $F_{s1}$  und  $F_{s2}$  sind.

Hinter dem Spalt  $d$  unmittelbar anschließend an den Vertikalrotor 5 befindet sich der Vertikalrotor 6 dergestalt, daß seine Mittelachse zur Symetrieachse der Vertikalrotoren 4 und 5 eine Exentrität  $e$  aufweist die mit der Ungleichung

DE 201 02 05 1 U 1

B 31 01 01

-5-

$$0,3 d < e < 0,7 d$$

definiert ist. Das spaltbildende Leitblech 13 umschlingt den Vertikalrotor 6 ebenfalls teilweise und bildet nach dem Muster der Umschlingung des Rotors 4 eine Gehäusewand für den Vertikalrotor 6.

Weiterhin ist das spaltbildende Leitblech 13 im Diffusorteil des Windkraftwerkes zu den Deckblechen 2 und 27 so angeordnet, daß der Abströmquerschnitt  $F_{Ab}$  des Diffusors in die Abströmquerschnitte  $F_{Ab1}$  und  $F_{Ab2}$  unterteilt wird. Diese Unterteilung erfolgt im Verhältnis der Aufteilung des Einströmquerschnittes  $F_{zu}$  in die Teilflächen  $F_{s2}$  sowie  $(F_{s1} + d)$ .

Jeder Vertikalrotor ist mit einem hydraulischen Antrieb 9 verbunden, welche ihre Energie über einen hydraulischen Drehkopf 19 und den hydraulischen Vor- und Rücklaufleitungen 21, 22 zu dem hydraulischen Motor 23 mit stufenlosen Getriebe 23 führen. Der Motor 23 wandelt die hydraulische Energie um. Motor 23 und Generator 24 befinden sich innerhalb des Mastes 25 im Wirtschaftsraum 17, der auch für die Aufnahme von Transformatoren oder anderen technischen Geräten verwendbar ist.

Oberhalb der Windkraftanlage befindet sich die Windrichtungsleiteinrichtung 7, welche den Windrichtungstellantrieb 20 so steuert, daß die Vertikalrotoren 4 und 5 immer frontal angeströmt werden, bzw. ihre Symetrieachse immer parallel zur Windrichtung geführt wird.

DE 201 02 051 U1

## Legende

- |    |  |
|----|--|
| 1  | Drehachse der Windkraftanlage                |
| 2  | Unteres Deckblech                            |
| 3  | Diffusor                                     |
| 4  | Vertikalrotor                                |
| 5  | Vertikalrotor                                |
| 6  | Vertikalrotor                                |
| 7  | Windrichtungsleiteinrichtung                 |
| 8  | Grundplatte                                  |
| 9  | Hydraulischer Antrieb                        |
| 10 | Gehäuseteil mit Leitblech für Rotor 5        |
| 11 | Einleitblech                                 |
| 12 | Windeinströmung                              |
| 13 | spaltbildendes Leitblech                     |
| 14 | Strömungsaustritt                            |
| 15 | oberer Rahmen                                |
| 16 | unterer Rahmen                               |
| 17 | Wirtschaftsraum                              |
| 18 | Ausleitblech                                 |
| 19 | hydraulischer Drehkopf                       |
| 20 | Windrichtungstellantrieb                     |
| 21 | hydraulischer Vorlaufleitung                 |
| 22 | hydraulischer Rücklaufleitung                |
| 23 | hydraulischer Motor mit stufenlosen Getriebe |
| 24 | Generator                                    |
| 25 | Mast   |
| 26 | Fundament                                    |
| 27 | oberes Deckblech                             |
| 28 | Drehkranz                                    |
- 
- |      |  |
|------|--|
| d    | Spaltbreite  |
| e    | Exentrität der Achslage Rotor 3  |
| b    | Breite Einströmquerschnitts eines Rotors                                   |
| FAb  | Abströmquerschnitt des Diffusors   |
| FAb1 | Abströmquerschnitt des Rotors 1 am Abströmquerschnitt des Diffusors        |
| FAb2 | Abströmquerschnitt der Rotoren 2 und 3 am Abströmquerschnitt des Diffusors |
| Fzu  | Einströmquerschnitt für Rotor 3  |
| Fs1  | Einströmquerschnitt für Rotor 5  |
| Fs2  | Einströmquerschnitt für Rotor 4  |
| FA1  | Austrittquerschnitt am Rotor 4   |
| FA2  | Austrittquerschnitt am Rotor 5   |

B 31.01.01

## Patentanspruch

1.

Windkraftanlage mit frontal angeströmten Vertikalrotoren, deren Anströmbereich mit trichterartigen Einleit- und Abdeckblechen (Einleittrichter) sowie einem im Trichterbereich mittig angeordneten Leitblech und deren Abströmbereich mit diffusorähnlichen Leitblechen (Diffusor) ausgestattet ist, dadurch gekennzeichnet, daß den frontal angeströmten Vertikalrotoren ein in den Diffusor ragendes aerodynamisch geformtes Leitblech nachgeordnet ist, welches mit den Abdeckblechen des Diffusors verbunden ist und einerseits wandförmig den Einstrom- und Abströmbereich eines Vertikalrotors begrenzt und andererseits zwischen einem zweiten Vertikalrotor und dem Leitblech einen Spalt mit der Spaltbreite  $d$  eröffnet, wobei das spaltbildende Leitblech sich an einen dritten Vertikalrotor anschmiegt, dessen Mittelachse zur Symetrieachse der frontal angeströmten Vertikalrotoren eine Exentrität  $e$  aufweist und der sich unmittelbar an den zweiten Vertikalrotor anschließt.

2.

Windkraftanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

das Verhältnis der Spaltbreite  $d$  zur Breite  $b$  des Einstromquerschnittes eines Vertikalrotors mit der Verhältniszahl von

$$0,65 + 0,1 = \frac{d}{b}$$

und die Exentrität  $e$  mit der Ungleichung

$$0,3 d < e < 0,7 d$$

bestimmt ist

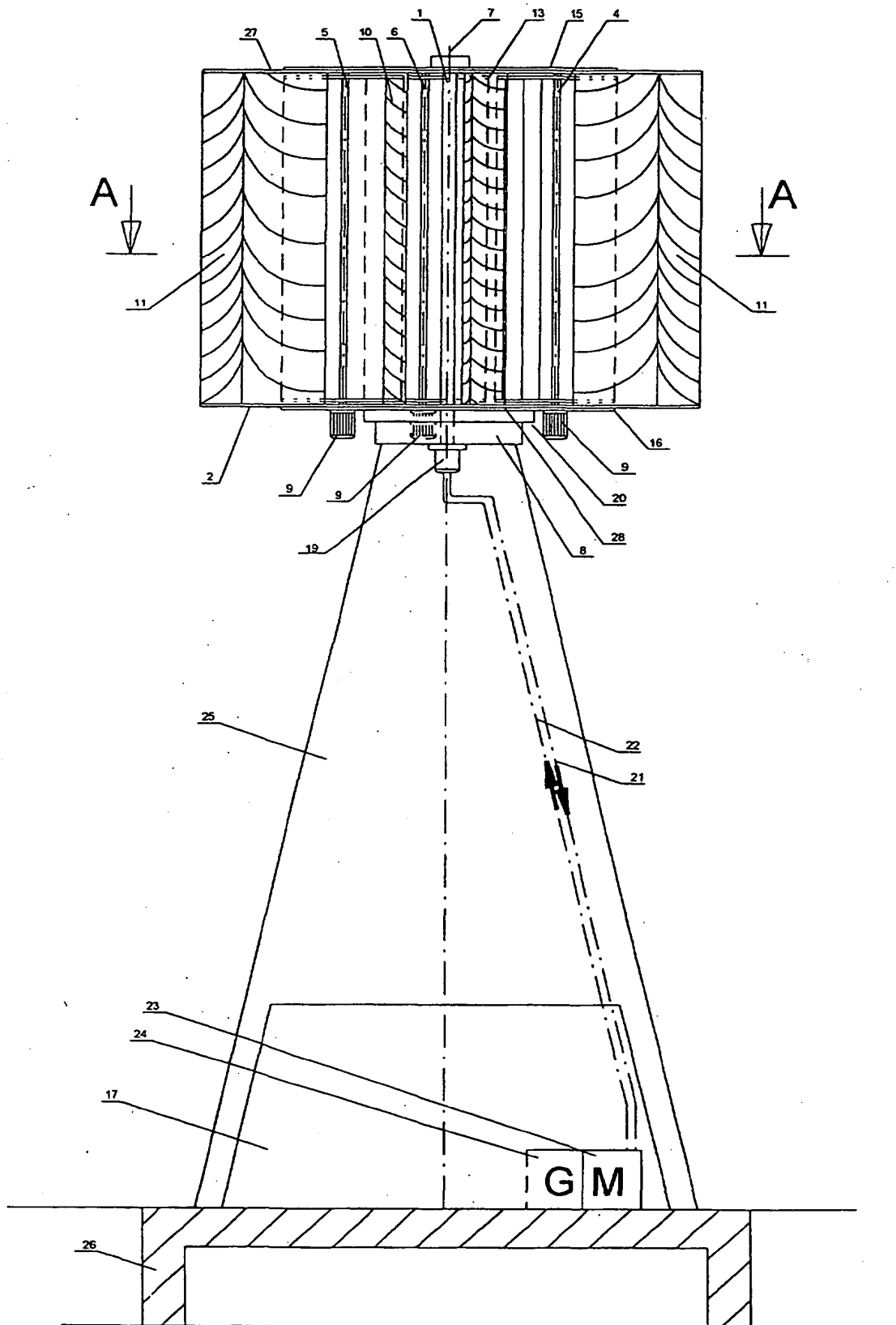
3.

Windkraftanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das spaltbildende Leitblech bis mindestens zur Ebene der Abströmfläche geführt wird und so angeordnet ist, daß die Aufteilung der Abströmquerschnitte im Verhältnis zur Aufteilung der Einstromquerschnitte steht.

DE 201 02 051 U1



B 31.01.01

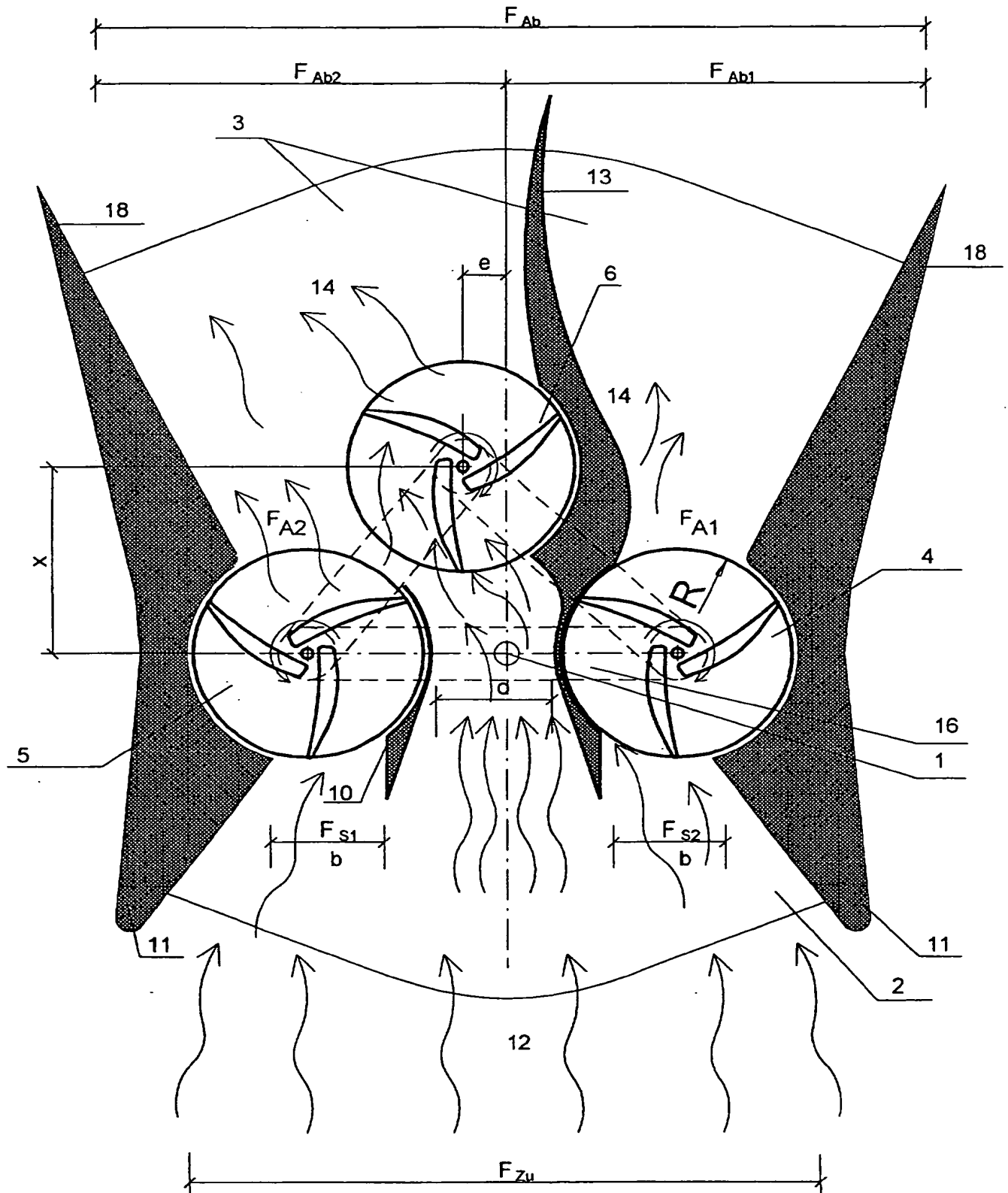


Figur 1: Vorderansicht Windkraftanlage

DE 2010205101

# Fig. 2 · Windkraftanlage

Schnitt A-A



DE 20102051 U1